

внутреннюю структуру бревна (годовые кольца, сучки, их типы, трещины, червоточины и гниль, ядро и заболонь) и более точно оценить качество древесины каждого отдельного бревна. На базе сканеров создана современная технология сортировки бревен.

Библиографический список

1. Прешкин Г.А. Нормативы оценки лесных благ: проблемы, решения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. 319 с.
2. Уласовец В.Г. Организация и технология лесопильного производства. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. 294 с.
3. Азаренок В.А., Левинская Г.Н., Меньшиков Б.Е. Основы технологии лесопиления на предприятиях лесного комплекса. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 279 с.
4. Лукичев А.А. Технологии и оборудование для современных лесопильных производств // ЛесПромИнформ. 2016. № 2, 3.

УДК 541.64

И.Н. Медведев, В.А. Шамаев, А.Н. Семиндеев, О.И. Шакирова
(I.N. Medvedev, V.A. Shamaev, A.N. Semindeev, O.I. Shakirova)
(ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, РФ)
E-mail для связи с авторами: drevstal@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ

THE THERMAL CONDUCTIVITY OF WOOD IN THE PROCESS OF ITS MODIFICATION

Предложенный способ позволяет изготавливать подшипники скольжения для высокооборотных узлов трения, например, в деревообрабатывающих станках, автомобилях, в сфере авиации. Подшипники из металлизированной прессованной древесины будут в 5–6 раз легче подшипников скольжения из цветных металлов, сплавов и легче шарикоподшипников, а по теплопроводности и антифрикционным свойствам будут соответствовать им.

The proposed method allows to produce bearings for high-speed friction units, for example in woodworking machines, automobiles, and aircraft. Bearings, metallic, pressure-treated wood are 5–6 times lighter than bearings of non-ferrous metals and alloys, as well as ball bearings and the thermal conductivity and antifriction properties will meet them.

Древесина – самый древний и распространенный материал, используемый человеком, но неоднородность строения и недостаточные физико-механические свойства ограничивает его применение в качестве конструкционного машиностроительного материала. Поскольку древесина является природным полимером, ее можно модифицировать, т. е. улучшать ее свойства различными способами, например прессованием, пропиткой и другими способами. Механическая прочность массивной древесины значительно ниже прочности ее волокон. Объясняется это тем, что древесина представляет собой волокнистую систему с невысокой плотностью, но ее плотность, а следовательно и прочность, могут быть значительно повышены за счет уплотнения (прессования).

Модифицированная прессованием древесина уже давно используется как материал для деталей трения в машиностроении и выгодно отличается от других антифрикционных материалов небольшой плотностью, быстрой прирабатываемостью, высокой износостойкостью, способностью работать после пропитки на самосмазке и в абразивной среде [1].

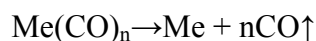
За последние 15–20 лет значительно возросли требования к подшипниковым узлам машин и механизмов, обусловленные в первую очередь ростом скоростей движущихся деталей, увеличением статических и ударных нагрузок, действующих на опоры, и необходимостью значительного увеличения надежности подшипниковых узлов, что в определенной мере ограничивает использование прессованной древесины из-за ее низкой стабильности размеров и форм, а также из-за плохой теплопроводности. Придание прессованной древесине стабильности и повышенной теплопроводности позволит значительно расширить область ее применения.

Теплопроводность – один из видов переноса теплоты от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящий к выравниванию температуры. При теплопроводности перенос энергии в теле осуществляется в результате непосредственной передачи ее от частиц (молекул, атомов, электронов), обладающих большей энергией, частицам с меньшей энергией.

Для повышения механических показателей древесины подвергают прессованию. Одновременно изменяются и тепловые свойства прессованной древесины – изменяются в зависимости от ее плотности, направления волокон, температуры, влажности, пропитки смазочными веществами.

Основной задачей, направленной на повышения долговечности подшипников из ДП, является увеличение теплопроводности материала вкладыша [2]. Известны различные методы решения этой задачи, среди которых создание обратных пар трения, пропитка вкладыша легкоплавкими металлическими сплавами [3–5], введение в древесину суспензии нанодисперсной меди и т. д. [6–8].

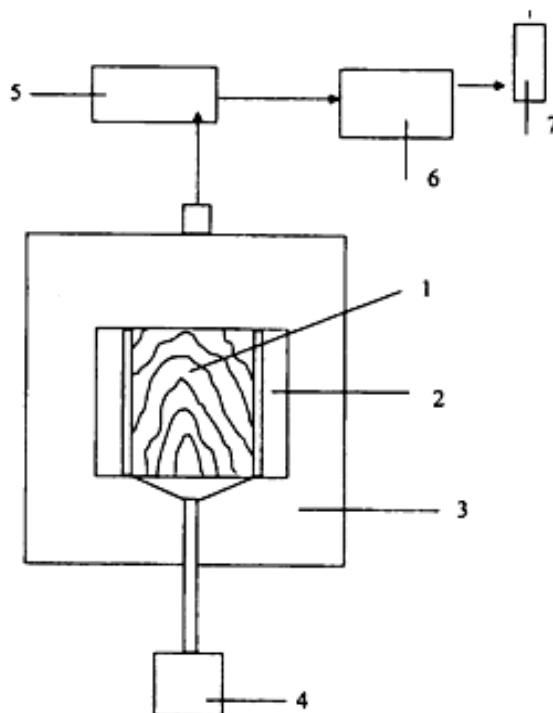
Как видно из приведенного обзора, задачи многократного повышения теплопроводности при малом содержании металла в древесине не была решена. Нами предлагается увеличивать теплопроводность древесины металлизацией карбонильным методом. Речь идет о том, что карбонилы некоторых металлов при температуре 120–160 °С разлагаются с образованием тонкой сплошной пленки толщиной 0,4 мкм по реакции:



В частности, для тетракарбонила никеля (ТКН) этот процесс происходит количественно, и образующаяся пленка никеля выстилает всю внутреннюю поверхность древесины. Содержание никеля в древесине при этом не превышает 10 % по массе.

Металл вводят путем термической диссоциации легколетучих металлоорганических соединений (МОС) при принудительной прокачке через один из торцов бруска древесины их паров при скорости не более 20 л/ч на 1 см² площади поперечного сечения заготовки при встречном движении тепловой зоны древесины с температурой, достаточной для разложения паров МОС, но не превышающей температуры деструкции древесины, со скоростью перемещения не превышающей 15 см/ч. При этом для модификации используют древесину с влажностью не более 2 % масс. [9]. В качестве исходных МОС используют карбонилы металлов. Осажденный металл равномерно распределяется по всей внутренней поверхности древесины, обеспечивая с ней достаточно надежный контакт.

Принципиальная схема технологической установки для модификации древесины представлена на рисунке.



Принципиальная технологическая установка для модификации древесины:
 1 – заготовка древесины; 2 – секционный нагреватель; 3 – аппарат металлизации;
 4 – испаритель карбонила; 5 – печь уничтожения паров карбонила металла;
 6 – вакуум-насос; 7 – печь уничтожения оксида углерода

Процесс металлизации древесины осуществляется следующим образом. Заготовку древесины 1, предварительно высушенную до влажности не более 2 % масс., чтобы избежать ингибирования влагой процесса осаждения металла, помещают внутрь секционного нагревателя 2, расположенного вертикально в аппарате металлизации 3. При этом нижнюю часть заготовки герметично соединяют с испарителем карбонила 4. Аппарат закрывают и вакуумируют с помощью вакуум-насоса 6. Откачку из аппарата производят непрерывно с противоположной стороны от подачи паров карбонила. После этого включают все секции нагревателя и доводят температуру в них до величины на 20–30 °С ниже температуры начала разложения паров применяемого карбонила и выдерживают при этой температуре в течение 10–15 минут – до равномерного прогрева всего объема заготовки древесины. Затем температуру верхней секции нагревателя повышают до величины начала разложения паров карбонила металла и подают в нижнюю часть древесной заготовки пары карбонила со скоростью не более 20 л/ч на 1 см² площади ее поперечного сечения. После этого последовательно сверху вниз включают секции нагревателя, обеспечивая перемещение тепловой зоны со скоростью не выше 2,5 мм/мин.

С целью уничтожения неразложившихся в аппарате паров карбонила металла и выделяющегося в процессе оксида углерода в схеме предусмотрены печи 5 и 7.

Заготовку березовой древесины с влажностью не более 2 % масс. и размерами в сечении 60 × 60 мм, высотой 100 мм устанавливают в 3-секционный электронагреватель. Аппарат для металлизации закрывают и систему вакуумируют до остаточного давления 8 Па. Затем включают нагрев всех трех секций электронагревателя и доводят в них температуру до 120 °С. Температуру верхней секции повышают до 140 °С и из испарителя подают пары тетракарбонила никеля со скоростью 15 л/ч. После этого через 15 минут последовательно повышают температуру второй и третьей секций электронагревателя, обеспечивая скорость перемещения температурной зоны нагревателя,

приблизительно равной 140 °С, навстречу потоку паров карбонила со скоростью 15 см/ч. Через 50 минут после начала подачи паров карбонила прекращают их подачу в аппарат и выключают электронагреватели. Откачку системы продолжают до остывания нагревателей до комнатной температуры. Полученную модифицированную заготовку древесины анализируют на содержание осажденного металла и ее теплопроводность. Время металлизации для заготовок длиной 100 мм составляет 4 часа, для заготовок длиной 350 мм – 10 часов.

В случае модификации древесины по предложенному способу наблюдается значительное (более чем в 3 раза) увеличение теплопроводности древесины вдоль волокон по сравнению с металлизацией расплавами металлов и, как следствие, уменьшение температуры в зоне трения, благоприятно сказывающееся на эксплуатационных характеристиках полученных заготовок.

При модификации древесины с меньшей скоростью подачи паров карбонила и, соответственно, меньшим количеством введенного никеля, температура в зоне трения увеличивается. В случае повышения скорости подачи паров карбонила до 22–25 л/ч и более наблюдается частичная забивка отдельных каналов древесины и неравномерное осаждение металла внутри нее, что приводит к снижению теплопроводности.

Увеличение скорости перемещения тепловой зоны выше 15 см/ч приводит к неравномерному прогреву всей массы древесины и, соответственно, неравномерному осаждению никеля в отдельных каналах. При меньшей скорости перемещения тепловой зоны наблюдается частичная забивка отдельных каналов древесины. Все это также ухудшает теплопроводность древесины и увеличивает температуру в зоне трения.

Металлизированная никелем древесина имеет на внутренней поверхности пленку никеля, но ее пустоты (полости сосудов, поры, полости волокон либриформа) открыты, поэтому в нее вводят антифрикционные модификаторы (например, смазку Biol), стабилизаторы размеров (например, карбамидоформальдегидные смолы), нанокристаллическую целлюлозу, после чего прессуют до плотности 1200–1400 кг/м³ и уже из такой древесины изготавливают детали трения.

Предложенный способ позволяет изготавливать подшипники скольжения для высокооборотных узлов трения, например, в деревообрабатывающих станках, автомобилях, сфере авиации. Подшипники из металлизированной прессованной древесины будут в 5–6 раз легче подшипников скольжения из цветных металлов и сплавов, а также шарикоподшипников, а по теплопроводности и антифрикционным свойствам будут соответствовать им (см. таблицу).

Свойства металлизированной никелем прессованной древесины*

Наименование показателя	Ед. изм.	Показатели	
		по разработанному способу	по способу Н.И. Чубова (8)
Плотность	Кг/м ³	1 250	5 800
Теплопроводность вдоль волокон при содержании никеля в древесине:	Вт/мК		
5		11	–
10		29	–
20		40	–
Теплопроводность вдоль волокон при содержании сплава в древесине 450 % масс.	Вт/мК	–	8

*Примечание: данные по теплопроводности для никельсодержащей древесины получены при скорости подачи тетракарбонила никеля 2,2 л/ч на 1 см² площади сечения и скорости перемещения 15 см/ч.

Выводы

1. Ранее известные методы увеличения теплопроводности древесины не нашли применения по причине большой стоимости металлов (висмут, свинец, олово) и их большого содержания в древесине либо при использовании металлических вставок вследствие сравнительно малого увеличения теплопроводности.

2. Способ металлизации древесины термическим разложением паров тетракарбонила никеля позволят получать наивысшую теплопроводность (до 40 Вт/мК) при содержании никеля 20 % от массы абсолютно сухой древесины или несколько меньшую (29 Вт/м²К) при содержании никеля 10 % от массы древесины.

3. Оптимальные режимы получения металлизированной прессованной древесины следующие:

- скорость подачи паров ТКН = 2,2 л/ч на 1 см² площади сечения;
- скорость перемещения паров ТКМ внутри древесины = 15 см/ч;
- температура разложения паров ТКМ = 140 °С;
- глубина вакуума = 8 кПа.

4. Подшипники скольжения, изготовленные предложенным способом, не будут при эксплуатации иметь скоростных и температурных ограничений, т. к. температура в зоне трения не будет превышать 100 °С.

Библиографический список

1. Анучин А.И. Исследование теплофизических показателей прессованной древесины, пропитанной парами тетракарбонила никеля, методом температурных интервалов // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГЛТА, 2010. Вып. 15. С. 42–47.

2. Гнусов Ю.В., Мовнин М.С., Берзиньш Г.В. К теории модификации прессованной древесины. Рига: Зинатне, 1970. С. 121–124.

3. Карпович С.И. Получение металлизировано-стабилизированной древесины и ее основные физико-механические характеристики // Пластификация и модификация древесины. Рига: Зинатне, 1970. С. 99–102.

4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М., 1967. С. 241–244

5. Способ модификации древесины: пат. 2339505 Рос. Федерация / А.В. Гребенников, В.Г. Рахманов, П.А. Стороженко, А.А. Уэльский, В.А. Шамаев; заявитель и патентооладатель ООО «Лигнум»; заявка 2006147021/04 от 27.12.2006 г.: опубл 10.07.08, Бюл. № 19. 2 с.

6. Скрупскис В.П., Снеговский В.П., Берзиньш Г.В. Исследование химически пластифицированной древесины как антифрикционного материала // Пластификация и модификация древесины. Рига: Зинатне, 1970. С. 144–147.

7. Симкин А.П., Шевелева Е.В. Повышение работоспособности подшипников скольжения из модифицированной древесины // Технологии и оборудование деревообработки в XXI веке: Межвузовский сборник науч. трудов. Воронеж, 2003. С. 237–240.

8. Чубов Н.И. Металлизированная прессованная древесина. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1975. 210 с.

9. Шамаев В.А., Никулина Н.С., Медведев И.Н. Модифицирование древесины. М.: Флинта, Наука, 2013. 455 с.